Plan Anual de Actividades Académicas

Departamento: Ingeniería Eléctrica

Asignatura - Nivel	Docentes
Sistemas de Potencia	Profesor Titular: Ing. Carlos Galmarini
Nº de orden:	JTP: Ing. Fabián Pera
Bloque: Tecnología Aplicada	Auxiliar Docente: Ing. Roberto Bosio
Área: Sistemas de Potencia	
Curso: 05 **Divisiones:** 1	
Horas Semanales: 4 **Horas Anuales:** 128	

INDICE

1. Fundamentación de la materia dentro del plan de estudios

- **Descripción general**:

En los niveles anteriores el alumno ha adquirido conocimientos de los distintos componentes que conforman un Sistema Eléctrico de Potencia en esta asignatura se pretende que adquiera una visión integral de los SEP y que pueda realizar cálculos y análisis de estudios esenciales en los SEP los que le permitirán intervenir en el diseño, construcción y operación de los sistemas eléctricos en general.

A su vez conformando una integración horizontal, los conocimientos adquiridos serán fundamentales para realizar diversos cálculos y proyectos en las asignaturas Generación y Transmisión de la Energía Eléctrica y Proyecto Final.

- **Expectativas de logro**:

Al finalizar el curso el alumno habrá adquirido conocimientos generales y específicos sobre el modelado de los elementos que constituyen los sistemas de generación, transformación y transmisión de energía eléctrica, funcionando éstos en condiciones normales o de falla.

A su vez el alumno hará uso de software específicos aplicados a la resolución de problemas de fallas, flujos de potencia y transitorios.

2. Programa Sintético

1. Parámetros característicos de las líneas eléctricas
2. Cálculo eléctrico de las líneas de transmisión en CA y CC.
3. Modelado de componentes de los sistemas de potencia.
4. Sistemas de CA en régimen balanceado y estacionarios.
5. Estudio de fallas en los sistemas de potencia
6. Flujo de potencia.
7. Estabilidad en los sistemas de potencia
8. Despacho económico de cargas.

3. Unidades temáticas (Contenidos).

Unidad Didáctica 1: Parámetros característicos de las líneas eléctricas. *(Tiempo estimado: 16 horas cátedra.)*

1.1 **Aéreas:** Enlaces de flujo de un conductor único o perteneciente a un haz. Inductancia de líneas monofásicas y trifásicas con circuitos a conductores simples y múltiples. Transposición de fases. Reactancia inductiva. Resistencia de la línea: su variación con la temperatura. Influencia del efecto pelicular sobre la resistencia y la inductancia. Potencial de un conductor único o perteneciente a un haz. Capacitancia de líneas monofásicas y trifásicas con circuitos a conductores simples y múltiples. Reactancia capacitiva. Efecto del suelo sobre la capacitancia. Conductancia de la línea. Pérdidas por aislación imperfecta. Efecto corona: sus pérdidas. Impedancia y admitancia de secuencia nula de líneas trifásicas sin y con cable de guardia.

1.2 **De cable aislado:** Inductancia, resistencia y capacitancia de cables unipolares y tripolares. Impedancia y admitancia de secuencia nula.

Unidad Didáctica 2: Cálculo eléctrico de líneas de transmisión. *(Tiempo estimado: 16 horas cátedra.)*

2.1 **Con parámetros concentrados:** Esquemas aproximados y campos de aplicación. Líneas cortas y de mediana longitud: cuadripolos equivalentes, diagramas fasoriales, caída de tensión, regulación efecto Ferranti.

2.2 **Con parámetros distribuidos:** Líneas largas, su modelado. Ecuaciones generales. Solución para régimen senoidal estacionario. Ondas de tensión y de corriente. Coeficiente de propagación e impedancia característica. Velocidad de propagación y longitud de onda. Factor de reflexión. Forma hiperbólica de las ecuaciones, cálculo práctico de las constantes. Cuadripolos equivalentes en PI. Funcionamiento en vacío y en cortocircuito.. Diagrama circular de potencia. Líneas adaptadas, compensadas y de C:C: Línea sin pérdidas.

Unidad Didáctica 3: Modelado de trasformadores y máquinas sincrónicas. *(Tiempo estimado: 16 horas cátedra.)*

3.1 El transformador como elemento de la red. Circuitos equivalentes y parámetros de transformadores monofásicos y trifásicos de dos y tres arrollamientos. Idem de autotransformadores. Circuitos y reactancias de secuencia nula de transformadores y autotransformadores trifásicos.

3.2 La máquina sincrónica como elemento de la red. Operación en régimen balanceado: reactancias de secuencia inversa y nula.

Unidad Didáctica 4: Sistemas de C.A. en régimen estacionario balanceado y estacionario. *(Tiempo estimado: 18 horas cátedra.)*

4.1 Diagrama unifilar de un sistema de potencia. Diagrama de impedancias; conversión a valores por unidad. Reglas prácticas del cálculo por unidad.

4.2 Matrices de admitancias e impedancias de barra.

4.3 Análisis de flujos de carga: planteo del problema; aplicación de los métodos de Gauss – Seidel y Newton – Raphson.

4.4 Empleo de computadoras digitales. Métodos de control de los flujos de carga.

Unidad Didáctica 5: Cortocircuitos asimétricos en redes trifásicas. (Tiempo estimado: 20 horas cátedra.)

5.1 Respuesta de la máquina sincrónica al cortocircuito simétrico. Determinación de sus reactancias transitorias y estacionarias mediante oscilograma.

5.2. Circuitos equivalentes. Cortocircuitos de la red en vacío: entre fase y tierra, entre dos fases y entre dos fases y tierra. Resolución analítica y por interconexión de las redes de secuencia.

5.3 Análisis de cortocircuitos en redes sencillas. Utilización de computadoras digitales.

Unidad Didáctica 6: Estabilidad de los sistemas de potencia de C.A. *(Tiempo estimado: 16 horas cátedra.)*

6.1. Determinación de la estabilidad por el criterio de igualdad de las áreas. Aplicaciones típicas del mismo en sistemas de potencia.

6.2 Empleo de computadoras digitales. Factores que afectan la estabilidad y recursos para mejorarla.

6.3 Estabilidad de tensión. Recursos para mejorarla. Utilización de computadoras para su estudio.

Unidad Didáctica 7: Sobretensiones en sistemas de potencia. *(Tiempo estimado: 20 horas cátedra.)*

7.1 Sobretensiones debidas a descargas atmosféricas. Utilización de PC

7.2 Sobretensiones de maniobra y de servicio, Utilización de PC.

7.3 Propagación de sobretensiones en la línea ideal: solución de la ecuación diferencial; interpretación por ondas viajeras; velocidad e impedancia de onda. Cálculo de sobretensiones en puntas de transición: reflexión – refracción de ondas; reflexiones sucesivas. Utilización de PC.

4. Cronograma tentativo*:*

Unidad 1: 4 Clases
Unidad 2: 4 Clases
Unidad 3: 4 Clases
Unidad 4: 4 Clases
Unidad 5: 5 Clases
Unidad 6: 4 Clases
Unidad 7: 4 Clases

Se utilizarán 3 clases para:
Delinear Trabajo monográfico.
Delinear Trabajo Práctico Flujos de Potencia.
Realizar visita.

5. Trabajos Prácticos:

5.1. Luego de dar los contenidos teóricos se resuelven problemas en clases prácticas con la participación activa de los alumnos a continuación se realiza una descripción de los mismos:

Unidad 1 (Parámetros característicos de líneas eléctricas)

a) Aéreas:

Inductancia en líneas monofásicas: Problema Nº 1. Se hace especial énfasis en la fijación del método de la distancia media geométrica, y a su vez se indica que un sistema de secuencia nula (tres fases y conductor de retorno) se puede interpretar como una línea monofásica (las tres fases como conductor de ida y el neutro de retorno).
Inductancia en líneas trifásicas: Problema Nº 2. Se plantea una comparación entre usar un solo conductor o conductores múltiples.
A su vez se estudia el parámetro resistencia y el efecto pelicular en ambos casos.
Capacidad en líneas trifásicas: Problema Nº 3. Se calcula la capacidad de una línea trifásica con conductores múltiples, con y sin efecto del suelo.
Efecto corona: Problema Nº 4. Se calculan los voltajes críticos disruptivos de los casos del problema Nº 2, comparando los resultados de las dos disposiciones.
Impedancia de secuencia nula: Problema Nº 5. En este problema se aplica el método de Carson para una línea con retorno por tierra sin conductores de guarda.
b) De cable aislado:
Cálculo de parámetros: Se expone a través de filminas (en construcción) los distintos tipos y configuraciones (se extraen medidas y datos de los parámetros reales de manuales y catálogos, por ejemplo Siemens).

Unidad 2 (Cálculo de líneas de transmisión)

a) Con parámetros concentrados:
Líneas cortas: Problema Nº 6. Para este problema es necesario saber el método por unidad ya que, se hace notar las ventajas de dicho método en el cálculo de una línea corta donde intervienen transformadores en ambos extremos.
Líneas medias: Problema Nº 7. Se realiza el cálculo a través del circuito equivalente en π, usando la teoría de cuadripolos.
Aspecto integrador: Se hace notar la importancia y alcance de aplicación de los modelos enumerados para su aplicación en Transmisión y Distribución de la Energía**.**
b) Con parámetros distribuidos: Problema Nº 8. Estudio de una línea larga, fórmulas con funciones hiperbólicas. Cuadripolo equivalente, circuito equivalente en π. Funcionamiento en vacío y en cortocircuito. Métodos para mejorar el efecto inductivo y capacitivo de la línea.

Unidad 3 (Modelado de Transformadores y Máquinas Sincrónicas)

Transformadores: Problema Nº 9. Distintos tipos de conexiones trifásicas, bancos de transformadores monofásicos y transformadores trifásicos (ventajas y desventajas). Comportamiento de los distintos tipos de conexiones ante las distintas secuencias.

Máquinas sincrónicas: Problema Nº 10. Comportamiento de la máquina sincrónica durante un cortocircuito simétrico, regímenes subtransitorio, transitorio y permanente. Determinación de las reactancias mediante oscilo grama.
Comportamiento de la máquina sincrónica ante las distintas secuencias.

Unidad 5 (Cortocircuitos asimétricos en redes trifásicas)
Cortocircuito monofásico: Problema Nº 12. Diagrama unifilar. Método en por unidad (ventajas). Uso del terciario (en triángulo) de un transformador de tres arrollamientos para alimentar una línea rural, creación de un neutro artificial a través de una conexión tipo Zig-Zag para la detección de corrientes a tierra.
Cortocircuito monofásico: Problema Nº 13. Cálculo de las corrientes de cortocircuito en ambos lados de un transformador trifásico Y-Δ, teniendo en cuenta el desfasaje a las secuencias directa e inversa.
Cortocircuitos bifásicos: Problema Nº 14. Circuitos monofásicos equivalentes, potencia de cortocircuito, cálculo de reactancias equivalentes a sistemas de aportes en función de la potencia de cortocircuito.

Unidad 6 (Estabilidad de los sistemas de potencia de C.A.)
Estabilidad en régimen transitorio: Problema Nº 15. Ante un fallo en una línea en doble terna, determinar si el sistema es estable y el δ crítico (a través del método de igualación de las áreas). Análisis cuando hay recierre.

Unidad 7 (Sobretensiones en sistemas de potencia)
Cálculo de sobretensiones en puntas de transición: Problema Nº 16.

Nota: Esta guía se constituye con los problemas considerados tipo, en los cuales se resaltan los aspectos básicos desarrollados en la teoría, como así también aquellos relacionados con la integración con otras materias, tanto en el sentido horizontal como vertical. Es complementada con otros problemas.

5.2. Laboratorios

Los trabajos prácticos consisten en la resolución de problemas cerrados, en los cuales son aplicados los conocimientos teóricos una vez concluidos los mismos.

Luego la práctica se realiza a través de software específico destacando, la transcendencia de los datos necesarios en cada caso (de acuerdo al modelo/método de cálculo empleado).

Al final del curso como trabajo integrador de los conocimientos adquiridos se realiza un trabajo práctico abierto basado en un problema de un sistema real.

A continuación se hace una breve descripción de los prácticos en laboratorio:

- **Cálculo de parámetros y efecto corona:**
  A través del programa WPROCALC (de la UNLP) se realiza una práctica grupal en el laboratorio de computación aplicada, para todos los problemas vistos hasta el momento, comparando los resultados obtenidos.

- **Flujo de potencia y fallas:**
  Trabajo grupal en el laboratorio de computación aplicada a través de una versión Demo de NEPLAN.

6. <u>Metodología de Enseñanza</u>.

- Estrategias

  Las estrategias utilizadas son principalmente el dictado de los temas teóricos con una sólida apoyatura de ejemplos prácticos, utilizando información actualizada.

  La resolución de ejercicios de aplicación es reforzada con distintos tipos de programas sean éstos, obtenidos a través de Internet o bien desarrollados por la cátedra (entre los que podemos citar a modo de ejemplo: WPROCALC de la cátedra Sistemas de Potencia de la UNLP, Radio interferencia causada por efecto corona como propio). En algunos temas se induce (a través de guías) a que el alumno saque sus propias conclusiones, investigando el tema e intentando distintos tipos de soluciones (ejemplo resolución de problemas reales de Flujo de Potencia).

- Recursos didácticos a utilizar como apoyo a la enseñanza.

  Los temas teóricos son abordados a través de clases donde el docente hace uso de pizarra y/o a través de proyección de diapositivas con cañón electrónico poniendo énfasis en aplicaciones prácticas.

Los prácticos relacionados con modelado de líneas, cortocircuitos, flujo de potencia, estabilidad y transitorios son reforzados con el uso de software específico (NEPLAN versión demo y EMTP/ATP, WPROCALC de la UNLP).

A fin de que el alumno tome contacto con problemáticas reales se realiza una práctica abierta.

Como trabajo grupal se solicita un trabajo monográfico que incluya algún estudio sobre FACT´S el cual será expuesto a todo el curso por los integrantes de/los grupos.

- ❖ Articulación horizontal y vertical (transversal) con otras materias.

Verticalmente la asignatura se articula con la mayoría de materias.

Horizontalmente, los conocimientos adquiridos serán fundamentales para realizar diversos cálculos y proyectos en las asignaturas Generación y Transmisión de la Energía Eléctrica y Proyecto Final.

7. Metodología de Evaluación

- ♦ Durante el ciclo lectivo:

Regularización

La regularización se realiza presentando la carpeta con los ejercicios de aplicación resueltos y los trabajos en el Laboratorio de Computación Aplicada completos.

También es obligatoria la presentación del trabajo práctico abierto la misma, es evaluada a través de un coloquio individual.

Se evalúa la presentación del trabajo monográfico.

- ♦ Evaluación en Examen Final:

El alumno debe aprobar una instancia de evaluación final de la práctica y la teoría en forma simultánea.

- ♦ Criterios de evaluación (Para todas las instancias)

Examen práctico:

El examen práctico se realiza a través de la resolución de problemas del tipo de los resueltos durante el año intentando que el alumno establezca distintas alternativas de solución y toma de decisiones que involucren los conocimientos teóricos adquiridos.

Generalmente se toman dos problemas uno de conocimiento de cálculo de parámetros y otros de comportamientos de un sistemas de potencia con fallas asimétricas y/o modelado de líneas y/o flujos de potencia (sin resolución por métodos iterativos) se piensa comenzar a implementar toma de exámenes con problemas abiertos y resolución con PC.

Examen teórico:

Se realiza una serie de preguntas generales que abarcan todo el programa utilizando un sistema de respuesta Verdadero/Falso y Múltiple choice, el cual se considera satisfactorio cuando las respuestas correctas están por encima del 80%.

Evaluado el sistema de preguntas y respuestas descripto se toman dos temas en forma más profunda extraídos del programa de la asignatura.

8. Bibliografía

Análisis de sistemas eléctricos de potencia -Stevenson William - Edit. Mc. Graw Hill -
Análisis moderno de sistemas eléctricos de potencia - Enriquez Harper.
Sistemas eléctricos de gran potencia - Weddy - Edid. Reverte.

	Introducción al análisis transitorio de sistemas de potencia - Alvarez
	Teoría de líneas eléctricas TI y TII - Ras - Edit. Marcombo.
	Redes Eléctricas TI y TII - Viqueira Landa - Edit. Representaciones y servicios de ingeniería.
	Líneas de transmisión y redes de distribución de potencia eléctrica – Enriquez Harper – Edit. Limusa
	Sistemas de transmisión de la energía eléctrica – Eaton _ Edit. Prentice Hall.
	Redes eléctricas - Henriet – Edit. Mayo
	Líneas y redes eléctricas – Marcelic – Edit. Ediar.
	Centrales y redes eléctricas – Buchhold; Happold – Edit. Labor.
	Cálculos eléctricos de grandes líneas de transmisión – Dalla Verde – Edit. Alsina.
	Principles of electric power transmission – Woodruff – Edit. John Wiley & Sons.
	Electrical transmission and distribution reference book – Westinghouse electric Corporation.
	EHV transmission line reference book – General Electric – Edison Electric Institute.
	Valores básicos de cálculo para sistemas de alta tensión – Langher – AEG / Paraninfo.
	Líneas de transmisión subterráneas – Weedy – Edit. Limusa.
	Cables y conductores para transporte de energía – Condumex – Siemens/Dossat.
	Manual técnico de cables de energía – Heinhold – Edit. Mc. Graw.
	Introducción a los fenómenos transitorios – Corrales Martín – Edit. Marcombo.
	Representación de la máquina sincrónica – Alvarez DEBA.
	La máquina sincrónica – Lazzari – Revista Electrotécnica.
	Las corrientes de cortocircuito en las redes eléctricas – Roeper – Siemens/Dossat.
	Cálculo de corrientes de cortocircuito – Funk – AEG/Paraninfo.
	Symetrical components – Wagner Evans – edit. Mc. Graw Hill.
	Principios de electrotecnia. T II. – Netushill y Strajov – Grupo Editor Buenos Aires.
	Electrotecnia general y aplicada. T VI. – Moeller – Werr – Edit. Labor.
	Apuntes varios.

9. Páginas Web (Acceso LIBRE)

CAMMESA: http://portalweb.cammesa.com/default.aspx

TRANSENER: www.transener.com.ar

RED ELECTRICA DE ESPAÑA: http://www.ree.es

UNLP: http://www.ing.unlp.edu.ar/sispot/

SALTO GRANDE: http://www.saltogrande.org/

UNIVERSITY OF IDAHO: http://www.uidaho.edu